

LA PLANTA VIRTUAL

Edgar Mario Rico Mesa, José Alfredo Palacio, Juan Carlos Salazar López, Luis Alberto Osorio,
Orlando Carrillo Perilla

Grupo GEPAR, Universidad de Antioquia

Resumen. En este artículo se mostrará los pasos a seguir para la implementación de un modelo matemático para un determinado sistema, con el fin de demostrar que los sistemas didácticos virtuales pueden ser aplicados empleando dispositivos de bajo costo que solo manejan operaciones de 8 bit a partir de los cuales se puede reproducir cálculos de gran envergadura. A través de esta publicación se pretende mostrar las bondades que presenta utilizar dispositivos simuladores de plantas, también se describe las partes que comprende el sistema didáctico de simulación de plantas (planta virtual) y a la vez se hace énfasis en la eficiencia para encontrar los parámetros más óptimos para el controlador, lo que permite que los estudiantes pueda manipular, interpretar y diseñar las teorías de control.

Palabras clave. Planta, Control, Excitación, Respuesta del sistema dinámico, Punto de referencia

Abstract. In this paper we show the steps for implementing a mathematical model for a given system, in order to demonstrate that virtual learning system can be applied using low-cost devices that only handle 8 bit operations from the calculations which can reproduce major. Through this publication aims to show the advantages presented by using plant simulators devices, also described the parties comprising the simulation training system of plants (virtual ground) while the emphasis is on efficiency in finding the parameters optimal controller, which allows students to manipulate, interpret and design control theories.

Keywords. Plant, Control, Excitation, Dynamic system response, Set point.

1. INTRODUCCIÓN

El control de un proceso industrial es la mejor opción para aumentar en forma vertiginosa la producción de la empresa y por lo tanto es esta una tarea muy delicada que requiere de un estudio serio y detallado para obtener una mejor producción; las plantas virtuales generalmente se han realizado a través de simulaciones y también existen dispositivos construidos por multinacionales cuya consecución posee alto costo, que puede ser aplicado en determinadas plantas industriales, por lo cual se plantea un sistema más flexible y de mas bajo costo que permita apoyar las actividades de aprendizaje de los estudiantes. La teoría que se utilizó para lograr dicho objetivo corresponde a libros de control digital y a las notas de clase de Control II e Instrumentación Industrial dictados en la universidad de Antioquia

Las etapas que conforman la planta virtual son: la interfaz gráfica de Labview y el procesamiento de los datos en el microcontrolador, adicionalmente se implemento una interfaz analógica y una tarjeta de adquisición de datos, en este artículo se describen cada una de las etapas que se deben tener en cuenta, para poder simular una planta en tiempo real y a la vez ejercer un control adecuado por parte del estudiante.

2. DESCRIPCION GENERAL DEL SISTEMA

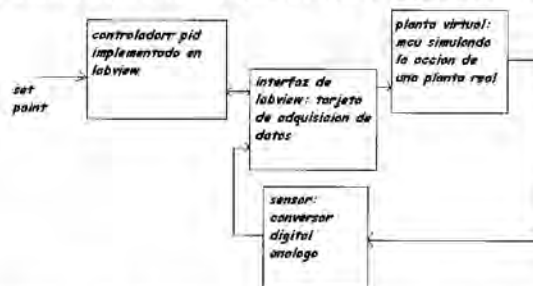


Figura 1. Diagrama de bloque del sistema de planta virtual

Para la creación del sistema didáctico que se plasma de forma general en la figura 1 se utilizó el microcontrolador MC68HC08GP32 de la Motorola (MICROCONTROLADOR) el cual se comporta como una determinada planta que a partir de ciertos cálculos matemáticos predice el comportamiento de la planta real, se utilizó un controlador PID industrial a través del cual se buscó diseñar los parámetros más adecuados para el control de la planta, se implementó una etapa de conversión para obtener un voltaje análogo buscando simular a un sensor que chequea el comportamiento de la planta, una tarjeta de adquisición de datos (daq) que servirá de enlace entre el control y la planta, por lo tanto las señales de excitación y respuesta de la planta serán voltajes análogos y para ello se utilizará el conversor análogo digital y un puerto digital del micro controlador.

La planta tiene las siguientes características: las señales que maneja varían entre cero y cinco voltios, el sistema de mayor complejidad que puede simular es de orden nueve (nueve ceros y nueve polos), los valores de los coeficientes del sistema poseen cinco cifras significativas. Por lo tanto se mostrara a continuación una breve descripción del sistema y se presentaran algunas consideraciones técnicas.

2.1 DESCRIPCIÓN DEL HARDWARE

Se utilizó como elemento primario (lazo de realimentación) un 'sensor' un conversor digital análogo que produce voltaje análogo, cuya cantidad en un período de tiempo es equivalente a la magnitud de la variable física que se quiere simular de un sistema real, también se empleo un canal adc del microcontrolador que chequea la excitación que se quiere aplicar a la planta virtual, la tarjeta de adquisición de datos es propio de los recursos del labview.

3. DESCRIPCIÓN DEL ALGORITMO

La manera más óptima de obtener un buen controlador sin poner en peligro la producción de un sistema industrial es la implementación de simuladores en tiempo real. Para dar una idea sobre el modelado de un proceso industrial se mostrará a continuación los criterios más importantes para su construcción.

Existen varios métodos empleados para la identificación del sistema, el cual se va a simular en tiempo real:

La identificación de sistemas tiene por objeto obtener el modelo de un sistema dinámico a partir de datos experimentales

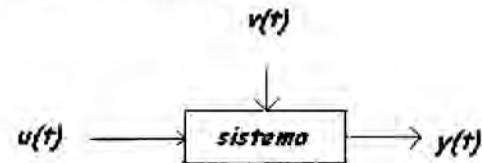


Figura 2 señales de entrada, salida y perturbaciones de un sistema

Según la figura 2 se puede definir:

- $u(t)$ excitación
- $v(t)$ perturbación
- $y(t)$ respuesta del sistema dinámico

3.1 TIPOS DE MODELOS

3.1.1 Modelo gráfico

El modelo del sistema está dado a través de una grafica el cual se puede dar implementando un diagrama de bode o excitando el sistema con un escalón, de esta forma se aprecia la respuesta del sistema.

3.1.2 Modelo matemático

Son aquellos modelos que describen el comportamiento del sistema a partir de ecuaciones diferenciales (sistemas continuos) o de ecuaciones de diferencias (sistemas discretos), son utilizados para predecir y diseñar sistemas dinámicos. Existen dos modos para construir este modelo:

3.1.2.1 Matemáticamente

Es un método analítico en el cual se utilizan las leyes físicas y ecuaciones de balance para describir el comportamiento dinámico de un fenómeno

3.1.2.2 Identificación del sistema

Es un método experimental en el cual se realizan algunas pruebas sobre el sistema que permiten

obtener los datos necesarios para estimar el valor numérico de los parámetros del modelo representativo del sistema.

De los anteriores el método más adecuado y práctico es el método matemático por identificación del sistema el cual se explicará más en detalle a continuación

3.2 PROCEDIMIENTO PARA LA IDENTIFICACIÓN

La obtención de un modelo a partir de datos experimentales conlleva las siguientes etapas fundamentales:

3.2.1 Recolección de datos

Los datos de entrada y salida se pueden obtener mediante un experimento diseñado específicamente para la identificación del sistema en este caso el usuario va a determinar las señales que va a medir, el tipo de señales de excitación y el momento de medición, para luego seleccionar los datos que proporcione la máxima información posible del sistema

3.2.2 Selección del modelo

Este paso se realiza a partir de un grupo de modelos, del cual se elegirá el más adecuado y representativo del sistema. Este paso es sin duda es el más importante y decisivo para la identificación del sistema, se deben combinar el conocimiento previo del sistema y las características de los modelos

3.2.3 Validación del modelo

La evaluación de calidad del modelo se basa en determinar cómo se desempeña el modelo cuando se trata de reproducir con él los datos en la medición experimentales, si su comportamiento es deficiente entonces el modelo es rechazado.

3.3 MÉTODO DE IDENTIFICACIÓN NO PARAMÉTRICO

Los métodos de identificación no paramétricos se caracterizan porque los modelos son curvas o funciones. Entre estos métodos están: análisis transitorio, análisis de frecuencia, análisis de correlación, y análisis espectral.

El método más utilizado es el análisis transitorio y se utiliza como modelo el correspondiente a la respuesta del sistema ante una entrada en escalón.

Planta de primer orden con retardo. La función de transferencia corresponde a una planta de primer orden con retardo se expresa de la siguiente manera

$$G(S) = \frac{K \cdot e^{-\theta \cdot S}}{\tau \cdot S + 1}$$

En donde K es la ganancia de la planta, t es la constante de tiempo y q es el retardo o tiempo muerto. El procedimiento experimental para estimar el modelo consiste en abrir el lazo de control antes del elemento final de control y luego crear un pequeño y rápido cambio en escalón en el proceso.

La respuesta del sistema se grafica y sobre la curva obtenida se hace el análisis para estimar los valores de ganancia, la constante de tiempo, el retardo del proceso. Para lograr lo anterior se procede de la siguiente forma:

Se determina el punto de operación del proceso y se aplica al sistema, en lazo abierto, un cambio en escalón de magnitud apropiada. Esta operación se debe realizar varias veces, cubriendo toda la zona lineal del proceso, luego se promedian los valores obteniendo así una información confiable.

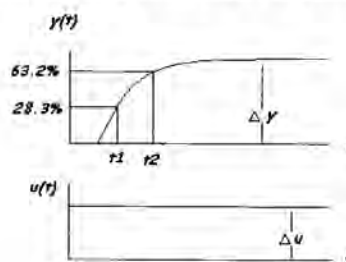


Figura 3 curvas de reacción

En las curvas obtenidas, se eligen dos puntos representativos. Por lo general, estos puntos son aquellos para los cuales la respuesta alcanza el 28.3 % y el 63.2% de su valor final (ver figura 3); estos puntos se presentan cuando los tiempos transcurridos a partir del momento de aplicación del escalón son respectivamente:

$$\theta + t/3 = t1$$

$$\theta + t/3 = t2$$

Resolviendo simultáneamente dichas ecuaciones se hallan los valores de θ y τ

El valor K se obtiene como la razón entre el cambio de la variable de salida y el cambio de la variable manipulada, ya conocida las incógnitas.

Se ha construido el modelo del sistema, también existen. Modelos matemáticos para sistemas de orden superior los cuales poseen un diseño similar al sistema de primer orden sin embargo la mayoría de los sistemas reales su comportamiento se puede aproximar al modelo de primer orden.

3.4 IDENTIFICACIÓN PARAMÉTRICA

Algunas técnicas de diseño de sistemas, incluyendo el método de lugar de raíces y el de asignación de polos requieren de un modelo paramétrico del sistema. Este tipo de modelo es particularmente importante en sistemas de control adaptivo, en los cuales los parámetros de la planta deben ser estimados en línea para estimar el controlador correspondiente. Los métodos más utilizados poseen un alto contenido matemático como son el método de mínimos cuadrados y el método de mínimos cuadrados recursivo

4. DESCRIPCIÓN DEL SOFTWARE

El sistema está formado por:

- Un programa en computador hecho en Labview que está formado por la interfaz gráfica, interfaz de entrada de datos al microcontrolador, y el controlador PID
- Un programa hecho en assembler que contiene la función de transferencia del sistema a simular.

4.1 PROGRAMA EN LABVIEW

La interfaz se desarrolló de tal forma que sea amigable y didáctico para el estudiante, los módulos o rutinas de los que está compuesto se encuentran:

4.1.1 Rutina de conversión transformada Laplace-z

Se implementó una rutina para la conversión de las funciones de transferencia de la transformada de Laplace a la transformada z, ya que la inmensa mayoría de autores de libros de control manejan

las funciones de transferencia de las plantas en términos de Laplace para lo cual se utilizó la transformada bilineal que consiste en reemplazar cada término de s por la siguiente expresión:

$$S = \frac{2 \cdot (z - 1)}{t \cdot (z + 1)}$$

En donde t es el tiempo de muestreo de la planta.

4.1.2 Interfaz de entrada de datos

Se realizó una rutina para modificar la planta que se va a simular buscando manipular todo tipo de procesos industriales, para lograrlo se utilizó el puerto serial implementando el protocolo RS 232 entre el computador y el micro controlador.

4.1.3 El controlador

Se adaptó un controlador PID industrial producido por la National Instruments.

4.2 PROGRAMA EN ENSAMBLADOR

El programa consta de las siguientes partes:

4.2.1 Recepción de datos

Se busca obtener a través de la recepción los coeficientes de la función en términos de la transformada z y la excitación del sistema a simular

4.2.2 Procesamiento de la información

A partir de los datos entrados al microcontrolador se realiza la conversión de la transformada z a una ecuación en diferencias (sistema discreto) utilizando la siguiente ecuación para la k-esima iteración

$$a \cdot z^{-i} = a \cdot x(k-i)$$

Donde a e i son valores numéricos y x es la variable en tiempo discreto, además se le da solución a la ecuación planteada utilizando rutinas de suma, resta, división, multiplicación de punto flotante con cinco cifras significativas para ello se utilizara la técnica de punto fijo.

4.2.3 Transmisión de los datos

Se transmite hacia el Labview el dato (respuesta del sistema) que corresponde al cálculo de cada iteración de la ecuación en diferencia que será interpretado

como la reacción de la planta ante cualquier excitación aplicada sobre el sistema.

El sistema descrito anteriormente nos permite aprender de manera didáctica los conceptos teóricos del control tradicional y la teoría de la inteligencia artificial fundamentales para mejorar la productividad de los procesos industriales.

5. CONCLUSIÓN

- 1) Una de las ventajas de utilizar simuladores de plantas reales es la posibilidad de generar errores en el proceso de búsqueda del controlador mas óptimo, esto será predicho por el simulador, y de esta manera el estudiante aprende a identificar los procedimientos para el desarrollo del sistema de control sin generar ningún tipo de daños en la planta real.
- 2) El dispositivo puede ser controlado por cualquier técnica de control conocida pues esta maneja señales que son estándar en la industria lo que permite que los estudiantes conozcan los parámetros de trabajo típicos reales de las plantas.

6. BIBLIOGRAFÍA

Digital control system analysis and design :
Charles L. Phillips and H. Troy Nagle,
Prentice-Hall, Inc., New Jersey, 1995

OGATA, Katsuhiko, "Sistemas de control en tiempo discreto"; Prentice-Hall Hispanoamericana, México, 1996.

Dorf Richard C., "Modern Control System",
Pearson Prentice -Hall, Madrid , 2001